

LUIZ HENRIQUE CARDOSO

CURRÍCULO E CAOS

Uma abordagem introdutória

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Educação, Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Prof. José Alberto Pedra.

Curitiba

1999

LUIZ HENRIQUE CARDOSO

CURRÍCULO E CAOS

Uma Abordagem Introdutória

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientador: **Prof. Dr. José Alberto Pedra**

UFPR

Profª Drª Vitória Helena Cunha Spósito

PUC - SP

Profª Drª Maria Cecília Marins de Oliveira

UFPR

Curitiba, 12 de abril de 1999

AGRADECIMENTOS

Na trajetória desta dissertação, muitas foram as pessoas que me auxiliaram, de uma forma ou de outra, com seu apoio e sugestões. Dentre elas agradeço, em especial os seguintes colaboradores:

_ Prof. José Alberto Pedra, orientador desta dissertação, pelo auxílio e estímulo na execução deste trabalho.

_ Prof. Joe Assis Garcia, pelo incentivo.

_ Professora Iria Zanoni Gomes, pelas discussões e conselhos.

_ Professores José Vicente Miranda, Maria Cecília Marins de Oliveira e Maria Tereza Carneiro Soares, pelas sugestões.

_ Professoras Nilcéa Pedra, Leilah Santiago Bufren, Maria Lúcia Faria Moro, pelos valiosos *insights* propiciados em suas aulas.

_ Aos amigos Ricardo Eppinger e Elis Regina Takada Eppinger, pelo valioso auxílio na pesquisa.

_ A meu pai, que mesmo sem entender exatamente o que eu estava fazendo, sempre me apoiou.

SUMÁRIO

RESUMO vi

ABSTRACT vii

1 INTRODUÇÃO..... 01

2 O OBJETO 03

2.1 DE QUE CAOS ESTAMOS FALANDO? 04

2.1.1 Caos Determinístico 05

2.2 A METODOLOGIA 07

2.3 A ABORDAGEM DO CURRÍCULO 09

3 O CURRÍCULO COMO SISTEMA FECHADO 11

3.1 A VISÃO CLÁSSICA DA CIÊNCIA 11

3.2 A VISÃO CLÁSSICA E O CURRÍCULO 15

3.2.1 O modelo de Ralph Tyler 15

3.2.2 O professor e o aluno frente ao currículo como sistema fechado 18

3.3 RETOMANDO A VISÃO CLÁSSICA DA CIÊNCIA 19

4 O CURRÍCULO COMO SISTEMA ABERTO .. 21

4.1 A VISÃO PÓS-MODERNA DA CIÊNCIA 21

4.1.1 A Complexidade 24

4.2 A VISÃO PÓS-MODERNA E O CURRÍCULO 25

4.2.1 A educação progressiva de John Dewey 26

4.2.2 A abordagem de Eric D. MacPherson 29

4.2.3 A abordagem de William E. Doll Jr. 31

4.2.4 O professor e o aluno frente ao currículo como sistema aberto 33

4.3 RETOMANDO A VISÃO PÓS-MODERNA DA CIÊNCIA 34

5 CURRÍCULO E CAOS 36

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....44

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 50

RESUMO

Esta dissertação descreve o caminho que percorri para abordar o currículo utilizando como metáfora a teoria do caos. Consoante esta intenção, não parto de uma metodologia predeterminada e sim, procuro seguir o fluxo das questões que se apresentam durante o percurso. Enfatizo de forma metafórica, a visão do currículo tradicional como um sistema fechado e a visão do currículo baseado na teoria do caos, como um sistema aberto. Utilizo para isto a descrição das diferentes características dos sistemas dinâmicos dissipativos não-lineares como base para uma nova forma de abordagem do ensino em geral e do currículo em particular. Além disso faço um esboço das características de um currículo baseado na teoria do caos e a sua aplicação como sistema aberto.

ABSTRACT

This dissertation describes the route I followed to approach the curriculum utilising Chaos theory as a metaphor. As such, I do not start from a predetermined methodology, but instead, I try to follow the flow of the questions that appeared during the process. I emphasise in a metaphoric way, the traditional view of the curriculum as a closed system, and the view of the curriculum based in Chaos theory as an open system. For this purpose, I used the description of different characteristics of the dynamic *dissipative* non-linear system as a foundation for a new form of educational approach in general, and for the curriculum in particular. Furthermore I sketch the characteristics of the curriculum in terms of Chaos theory, and as an open system.

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação descreve o caminho seguido por um alienígena, vindo de um bacharelado em Administração, na busca do conhecimento. O início deste trajeto não pode ser explicitado em datas determinadas, pois torna-se difícil, após a maturação de uma idéia, retornar no tempo e localizá-la em seu nascedouro. No entanto, posso citar pelo menos dois fatos que, pela sua capacidade de proporcionar *insights* valiosos para mim, podem servir como balisadores das questões relativas a educação quando iniciei o processo de leitura e aprofundamento neste tema.

O primeiro deles foi a constatação, durante as aulas que eu ministrava, de que não raras vezes o que eu propunha como área de interesse aos alunos, estava muito distante do que eles esperavam e desejavam aprender. Este fato por si só, não seria tão relevante, não fosse a perplexidade com que observei o rendimento muito alto dos alunos quando havia uma consonância entre o que eu estava ensinando e o que eles esperavam aprender. Esta disparidade de aproveitamento entre aulas, aparentemente encadeadas na forma lógica tradicional, provocou em mim uma necessidade de tentar compreender os motivos de tal comportamento.

O segundo fato importante está relacionado a avaliação do conteúdo exposto. É conhecida a falta de soluções apropriadas para a avaliação do aproveitamento dos alunos (LIMA, 1994). Curiosamente foi em um livro de Marion Zimmer BRADLEY (1986) que observei um possível caminho de solução para este problema. Nesta estória o príncipe Tamino, para poder se casar com a princesa Pamina, deveria se dirigir ao Templo da Sabedoria e se submeter aos Ordálios. Os Ordálios eram 4 provas representativas dos quatro elementos da natureza: terra, água, ar e fogo. O mais curioso, no entanto, era a forma de avaliação do desempenho relativo a cada um dos Ordálios. Existia apenas uma regra: nada seria exigido

que não fosse o que de melhor o candidato puder dar. Como consequência, as provas eram diferentes para todos.

A grande questão que me instigou a seguir o caminho do aprofundamento na educação foi a busca de um "olhar" diferente em relação a forma com que o ensino é visto. Para isso recorri a um estudo há muito iniciado: a teoria do caos. A física moderna tem propiciado muitas mudanças na visão de mundo e em particular a teoria do caos tem provocado, em certo sentido, uma revolução na abordagem de vários fenômenos.

Inicialmente enfocarei a forma de abordagem do objeto proposto, para posteriormente descrever o que eu chamo de currículo como um sistema aberto e como um sistema fechado. Denominações de currículo aberto e currículo fechado podem ser encontradas na literatura sobre o assunto, como por exemplo, os descritos por Martiniano Roman PEREZ e Eloisa Díez LOPEZ (1989) e Basil BERNSTEIN (1988), embora eles o utilizem apenas em relação aos conteúdos, enquanto eu utilizo estes termos (aberto e fechado), de forma metafórica à sua utilização na física, em relação ao conteúdo do currículo e a forma de aplicá-lo.

No capítulo 3 (Currículo como um sistema fechado), apresento uma breve revisão do desenvolvimento do pensamento científico que predomina na visão clássica da ciência, utilizando como exemplo teórico o modelo de Ralph TYLER (1976) para este tipo de visão.

No capítulo 4 (Currículo como sistema aberto), descrevo brevemente como uma visão pós-moderna da ciência vem tomando corpo e utilizarei como exemplos desta visão a educação progressiva de John DEWEY (1971, 1978, 1979).

No capítulo 5 (Currículo e caos) esponho alguns conceitos específicos relativos à teoria do caos e a sua relação com uma abordagem pós-moderna do currículo.

No capítulo final apresento as minhas considerações a respeito desta nova abordagem para o ensino em geral e o currículo em particular.

2 O OBJETO

Na década de 60, Joseph SCHWAB (1978) afirmou que o campo do currículo estava "moribundo". Esta afirmação demonstrava as dificuldades e os desafios que o campo curricular apresentava. Baseado em um modelo extremamente prático, o currículo era percebido como um caminho a ser percorrido em direção a uma meta definida antecipadamente. A ênfase estava no objetivo final e não no caminho a ser percorrido. Este tipo de enfoque visava a otimização do ensino baseado no modelo aplicado na indústria, isto é, a procura do caminho da maximização na utilização do tempo. Esta visão priorizava o método em detrimento das pessoas que participavam do processo. Com isso o papel do professor e do aluno, suas necessidades e seus anseios, eram simplesmente colocados como uma questão irrelevante. O objetivo era criar um método que propiciasse o melhor aproveitamento por "todos" os alunos. Naturalmente o critério de seleção e forma de praticar o ensino era feito pela média, em desrespeito às características de cada um, aluno ou professor. Os resultados parecem não ter sido completamente positivos. Em vista disso, esforços têm sido empreendidos, na tentativa de delinear novas perspectivas para se modificar e melhorar a questão do ensino.

Nos últimos anos tem-se observado um movimento teórico inovador no campo do currículo. Novos e estimulantes paradigmas¹ têm sido propostos para se pensar o currículo, utilizando conceitos oriundos de certas áreas do conhecimento tradicionalmente alheias à Educação. Revela-se uma tendência a se pensar de uma forma interdisciplinar, semelhante ao que acontece, por exemplo, na área da Medicina onde o clínico geral começa a retomar a sua importância em oposição a crescente especialização. O ensino tradicionalmente baseado no paradigma determinístico começa a mostrar sinais de esgotamento uma vez que as discussões existentes a respeito, como por exemplo: quais conhecimentos devem ser incluídos e qual o tempo necessário para a aprendizagem (PEDRA, 1993), parecem demonstrar que a forma vigente de se pensar o currículo oferece pouca perspectiva de sucesso. Sendo assim, novas

¹ O conceito de paradigma que utilizo neste trabalho é o proposto por Thomas KUHN (1995, p.13) como sendo "as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência".

propostas de "olhar" o currículo são necessárias para propiciar essa mudança, como demonstrado por GARCIA (1995a).

Particularmente na física, têm emergido conceitos que modificam a nossa maneira de ver o mundo. Conceitos como sistema aberto, dependência sensível às condições iniciais, atrator, sistema dinâmico, etc., fornecem subsídios interessantes para uma nova forma de se olhar o ensino e particularmente o currículo. Este tipo de abordagem também recoloca os participantes do processo, entre eles o aluno e o professor, novamente no contexto do ensino, posição da qual haviam sido alijados nos modelos deterministas, tais como os propostos por BOBBIT (1918) e TYLER (1976). Este é o caso, por exemplo, dos trabalhos de William DOLL (1989, 1993a, 1993b), que há cerca de uma década vem explorando algumas implicações de uma abordagem pós-moderna² para o estudo do currículo, e mesmo dos trabalhos pioneiros de John DEWEY (1971, 1978, 1979).

Neste trabalho busco a compreensão do conceito de currículo utilizando como metáfora a teoria do caos, isto é, a descrição das contribuições conceituais da teoria do caos para a teoria curricular - na revisão do conceito de currículo.

Trata-se fundamentalmente da descrição dos principais conceitos da teoria do caos e a sua relação com o ensino de modo geral e do currículo em particular. Sempre que necessário estarei retomando os conceitos fundamentais da teoria do caos, de modo a possibilitar a ampliação progressiva da compreensão de sua utilidade para o novo "olhar" sobre o currículo.

2.1 DE QUE CAOS ESTAMOS FALANDO?

A palavra "caos" está associada a vários significados. Quando se ouve falar em caos é comum relacioná-lo a uma desordem generalizada ou mesmo a uma grande confusão. Este tipo de caos está diretamente relacionado ao grande número de graus de liberdade existentes em

² O termo pós-moderno neste trabalho é utilizado significando uma mudança na forma de se pensar e "olhar" o mundo. Esta visão, em oposição ao modernismo, baseia-se no acaso, na relatividade, flexibilidade, indeterminação e criatividade.

um determinado sistema. Assim, as possibilidades de interferência em um sistema dado são tantas que torna-se impossível o seu controle, instalando-se assim, o "caos".

Quando utilizo a palavra caos, no estudo do currículo, o faço metaforicamente, e tomo como referência o caos determinístico, isto é, relativo a sistemas que aparentemente se comportam aleatoriamente, embora sejam determinados por leis muito precisas.

2.1.1 Caos determinístico

O caos determinístico, que está relacionado ao funcionamento dos sistemas dinâmicos, é caracterizado basicamente pela dependência sensível às condições iniciais que propiciam um novo panorama à visão de mundo através da revalorização das pequenas causas³.

Em contraposição ao caos tradicional onde somente muitos graus de liberdade podem levar a desordem generalizada, o caos determinístico pode ser observado já a partir de três graus de liberdade (FIEDLER-FERRARA; PRADO, 1994). O "determinístico" neste caso não se refere a possibilidade de se conhecer com precisão o estado de um sistema ao longo do tempo, mas sim o fato de ele ser regido por leis precisas.

Edward N. LORENZ (1996), explica uma sequência determinística como sendo aquela: "... na qual apenas uma coisa pode acontecer em seguida; isto é, sua evolução é governada por leis precisas. Logo, a aleatoriedade, no sentido mais amplo, pode ser identificada com ausência de determinismo. Este é o tipo de aleatoriedade que pretendo expressar quando descrevo o caos como algo que *parece* aleatório" (p. 20).

A expressão "parece aleatório" utilizada por Lorenz se deve ao fato de existir um outro tipo de ordem - não-linear - que foi descrita por David BOHM (1992, p. 160) como sendo a observação das "diferentes similaridades entre as diferenças", como por exemplo, em uma

³A causalidade, neste trabalho, compreende a relação entre estados diversos de um mesmo objeto ou mesmo de um sistema de objetos, em instantes diferentes de tempo e não simplesmente como uma relação entre objetos.

pintura, onde não é possível prever uma parte a partir de outra, embora a pintura seja altamente ordenada.

Edgar MORIN (1995) utiliza como exemplo um tapete:

Consideremos uma tapeçaria contemporânea. Comporta fios de linho, de seda, de algodão, de lã, com cores variadas. Para conhecer esta tapeçaria, seria interessante conhecer as leis e os princípios respeitantes a cada um destes tipos de fio. No entanto, a soma dos conhecimentos sobre cada um destes tipos de fio que entram na tapeçaria é insuficiente, não apenas para conhecer esta realidade nova que é o tecido, (quer dizer as qualidades e as propriedades próprias para esta textura) mas, além disso, é incapaz de nos ajudar a conhecer a sua forma e a sua configuração (p. 123).

Quando olhamos apenas a característica individual da cada fio (cor, textura, etc) não observamos as suas relações e o que eles formam, isto é, o tapete em si (desenhos, tamanho, etc). Ao mesmo tempo, quando observamos o tapete em sua totalidade, não observamos a ordem em que os fios foram tecidos. Nestes dois casos, observando a imagem de um tapete, ou mesmo de uma pintura, não raramente podemos imaginar que o processo de criação parece aleatório.

Lorenz descreve o caos como: "... um comportamento que é determinístico, ou quase, caso ocorra em um sistema tangível possuindo uma pequena quantidade de aleatoriedade, mas que *não aparenta ser* determinístico. Isso quer dizer que o estado presente determina completamente, ou quase completamente, o futuro, sem parecer fazê-lo" (1996, p. 21).

Mas então por que o sistema não pode ser previsto em sua evolução? A resposta a esta questão é que o sistema é sensível às condições iniciais. Modificações ocorridas no início do processo, e mesmo durante a sua evolução no tempo, ocasionam mudanças que não podem ser previstas inicialmente.

Paralelamente, o caos tem sido utilizado como sinônimo de não-linearidade. Em um sistema linear, qualquer alteração em uma determinada variável, provocará um mudança

proporcional nos instantes subsequentes, isto é, se uma variável for alterada em, por exemplo, três vezes, a mesma mudança ocorrerá nos instantes seguintes. Desta forma a evolução do sistema no tempo segue uma linha reta, se colocada em um gráfico.

Em um sistema não-linear não ocorre desta forma. Uma alteração em uma determinada variável do sistema de, por exemplo, duas vezes poderá provocar, nos instantes seguintes, modificações de uma ou de três vezes. No entanto, é bom lembrar que embora o caos produza não-linearidade, a não-linearidade nem sempre produz caos.

Atualmente a teoria do caos vem sendo aplicada nas mais diversas áreas como, por exemplo, na biologia, medicina, antropologia, meteorologia, economia e agricultura entre outras (GLEICK, 1990; LEWIN, 1994). Também na Educação, e particularmente no campo do currículo, os princípios da teoria do caos podem oferecer uma nova forma de abordagem mais abrangente e não-linear. Assim, este estudo tem sua base na necessidade da investigação deste novo paradigma para o campo curricular. Necessidade que se impõe não apenas para atualizar, mas para ampliar a visão do pensamento curricular.

2.2 A METODOLOGIA

Não seria consistente me apropriar de um única metodologia, entre as tradicionais, e através dela desenvolver a minha descrição dos paralelos existentes entre o currículo e a teoria do caos. Isto porque as metodologias tradicionais pressupõem uma abordagem fechada do objeto de estudo, o que seria contraditório diante da teoria do caos, francamente uma abordagem aberta.

A ciência clássica baseia-se na tentativa de um conhecimento que procura evidências irrefutáveis e saberes demonstrados de forma definitiva. Esta visão caminha sobre um paradigma que evidencia a redução, na tentativa de explicar e verificar os fenômenos estudados. Em que pese o grande avanço proporcionado, esta visão falha na descoberta de princípios "simples" que possam explicar toda a gama de fenômenos estudados pela ciência. Cada vez mais o estudo científico se defronta com a impossibilidade de isolar o observador do

observado. Particularmente na física quântica o grande desafio atual é recolocar o observador novamente no âmbito da ciência como participante e não mais como mero observador alheio aos eventos.

Assim aproximo-me de uma metodologia que eu diria aberta e que Edgar MORIN denominou de "Método da Complexidade" (1989, p.13). Este método não busca nem a certeza, nem a verdade única. É a "busca de um modo de pensamento capaz de respeitar a multidimensionalidade, a riqueza, o mistério real; e saber que as determinações - cerebral, cultural, social, histórica - que se impõem a todo o pensamento co-determinam sempre o objeto de conhecimento" (1989, p.14).

A investigação científica proposta por Edgar MORIN (1996) pressupõe a capacidade de auto-análise da ciência, na tentativa de permitir a transformação das estruturas de pensamento. Ao mesmo tempo espera-se que as instituições possam permitir que isto ocorra.

Em muitos pontos poderemos notar a semelhança entre esta forma de abordar o currículo e a fenomenologia. Edmund Husserl, por exemplo, já assinalava que a consciência é sempre consciência de alguma coisa e em consequência, é dependente da consciência de quem observa.

A fenomenologia pode traduzir, em muitos pontos a visão de Morin sobre a complexidade pois trata-se de um diálogo sem fim, ao mesmo tempo fiel a uma intenção e que não pode prever onde chegará, sendo portanto, inacabada.

É este o caminho a que me propus neste trabalho. Seguir o fluxo sem a preocupação de chegar a um lugar previamente determinado, além do conhecimento, e estar aberto às nuances que se apresentarem durante o percurso.

2.3 A ABORDAGEM DO CURRÍCULO

O currículo tem sido enunciado de diversas maneiras, variando conforme a interpretação de cada autor ou de linha teórica, como bem salientou José Alberto PEDRA (1997). No entanto, apesar destas variações de interpretação, podemos observar duas vertentes básicas em relação a ele que denominarei de currículo fechado e currículo aberto.

Na termodinâmica, que estuda os processos de transformação de energia e o comportamento dos sistemas neste processo, é comum classificar as trocas de calor-energia-matéria dos sistemas em termos isolados, fechados e abertos. Os sistemas isolados são, como o seu nome indica, afastados de seu meio ambiente, não trocando nada com ele. Uma máquina de moto contínuo é o exemplo ideal disto. Um sistema fechado troca energia, mas não matéria, enquanto um sistema aberto troca ambos, energia e matéria, e rejuvenesce por meio destas trocas. Em um sentido amplo, um sistema fechado é algo firmemente controlado, como em uma máquina a vapor, onde as variáveis são poucas, os parâmetros prefixados e a previsibilidade alta. Os sistemas abertos literalmente "alimentam o fluxo", usando o fluxo como a substância para seu contínuo vir a ser. O contraste é evidente entre (a) o sistema altamente controlado (por ex. uma máquina a vapor) onde os parâmetros externos formam interações para um fim predeterminado de eficiência, e (b) o sistema flutuante (células vivas) onde perturbações abastecem o sistema com os meios para as transformações internas, os fins são literalmente integrados aos meios. Um exemplo disto é o funcionamento do cérebro. A condição de existência da atividade cerebral normal é o caos. Quando o cérebro apresenta alguma enfermidade, os fluxos elétricos tornam-se mais regulares.

Estes sistemas, portanto, são claramente dicotômicos. Um sistema fechado necessita proteger a si mesmo dos fluxos que compõem a natureza. Um sistema aberto, por outro lado, necessita dos fluxos, perturbações, anomalias e erros: eles são os gatilhos que determinam a organização.

Este trabalho então, busca a compreensão do currículo sob uma nova ótica utilizando como metáfora a teoria do caos - advinda do estudo dos sistemas abertos - com a intenção de ampliar-lhe o conceito dentro de uma visão pós-moderna da ciência.

3 O CURRÍCULO COMO SISTEMA FECHADO

A metáfora do sistema fechado sustentou a visão científica predominante até o advento da física quântica e da relatividade, e está presente na visão clássica da ciência. Nesta visão determinista não existe uma diferença entre o passado e o futuro. Os processos são reversíveis, pois os dois são intrínsecos ao presente, uma vez que através da observação do estado presente podemos reconstituir o passado. Assim, não existe, nesta visão, um lugar para a história, o novo e principalmente para a criatividade.

3.1 A VISÃO CLÁSSICA DA CIÊNCIA

Uma nova ciência foi construída no século XVII principalmente por Galileu e Descartes. Galileu é mais conhecido pelo suporte empírico que trouxe para a concepção heliocêntrica de Copérnico a respeito do sistema solar. Ele desenvolveu também o telescópio e, com ele, descobriu as luas de Júpiter e outros corpos que sustentariam a visão Copernicana. Galileu também encorajou a experimentação e deu ênfase a quantificação, como pode-se observar na descoberta do princípio do pêndulo. Observando a oscilação de uma lâmpada como dispositivo de medição, ele notou que apesar do arco decrescer, o tempo necessário para cada oscilação permanecia constante, e desta maneira ele verificou que o arco podia ser usado como uma espécie de medição do tempo. Isso o levou ao desenvolvimento do relógio de pêndulo. A mensuração da energia e a sua habilidade para aplicar os resultados obtidos se constituíram em marcos da ciência.

Descartes é conhecido como o pai da filosofia moderna mas as suas contribuições para a matemática e para a física também foram muito importantes. Foi o interesse científico que o levou a desenvolver a sua filosofia. Os cientistas do século XVI e XVII se impressionaram com o materialismo de Demócrito que afirmava ser o universo composto de átomos em movimento, embora esta visão fosse difícil de se harmonizar com a visão religiosa medieval predominante. Naquela época a área de atuação da religião e da moral não eram questionadas,

elas eram aceitas como sendo reais e óbvias. O problema era, portanto, conseguir colocar a ciência como sendo independente da influência da religião e da moral. Descartes então propôs uma divisão entre mente e corpo como forma de resolver esta questão. À mente estariam relacionadas a religião, a moral, o pessoal, o subjetivo e o livre arbítrio. O corpo, ou o material, se relacionaria à ciência tal como desenvolvida por Demócrito. As vantagens, para a ciência, advindas desta separação eram numerosas, principalmente porque liberava a ciência do controle da religião e especificava com o que os cientistas deviam se preocupar. Com esta separação o mundo material passou a ser visto como uma máquina, cujo funcionamento era regido por leis absolutas, não sofrendo portanto, a interferência da religião.

Esta visão de mundo teve seu impulso no século XVII e suas conseqüências predominam, em maior ou menor grau, até nossos dias. A compreensão de alguns de seus aspectos podem ser importantes para se compreender a sua origem histórica.

Como conseqüência da divisão entre mente e matéria veio a divisão entre sujeito e objeto (subjetivo e objetivo). Assim, para Descartes, a mente é a entidade que pensa, que raciocina. O corpo é somente um autômato e o universo como um todo assemelha-se a uma grande máquina que obedece a uma série de leis básicas.

A distinção entre sujeito e objeto levou a uma outra distinção: entre as qualidades primárias e secundárias. A matéria possui algumas características primárias básicas e fundamentais: solidez, extensão, forma, movimento, repouso e quantidade. As qualidades secundárias (cores, sons, sabor, cheiro, etc) estão muito mais na mente do que nos objetos materiais e, portanto, não podem ser investigados cientificamente de forma direta, a menos que sejam substituídas por alguma forma de mensuração objetiva. Assim, somente a qualidade primária, que é objetiva, pode ser utilizada com sucesso pela ciência.

John Locke, foi o filósofo que primeiro explicou de forma clara os fundamentos da epistemologia empirista. Ele se opôs a Descartes, que se preocupava com o problema da má- interpretação, e ignorou-a afirmando que a percepção era uma espécie de espelho do mundo. A mente seria uma folha em branco que era escrita pela percepção. No entanto uma metáfora

mais apropriada seria a da câmera, sendo os olhos as lentes, e o filme, a mente. O que é impresso no filme é a representação do que está no mundo, embora a câmera não reproduza as cores verdadeiras ou a perspectiva. O que realmente distingue a ciência da religião é esta ser uma questão interna, algo que está relacionado a estados subjetivos que não são diretamente observáveis; enquanto aquela está interessada nos objetos que podem ser vistos por qualquer um a qualquer hora, e uma vez que o aparelho perceptual seja adequado, qualquer um pode obter uma visão correta do mundo material.

Com o desenvolvimento desta visão da ciência, a confiança na noção de que a matéria era governada por uma série de leis determinísticas relativamente simples que eram absolutas e aplicáveis a todos os objetos materiais, também aumentou. Nessa visão todo objeto material seria causalmente determinado pelo seu estado precedente, e todo movimento de um objeto material poderia ser descrito por leis precisas. Essa visão de mundo foi tão bem sucedida que o físico Laplace afirmou poder prever o estado do mundo material, em algum período no futuro, contanto que ele tivesse a descrição completa do estado presente do mundo material e conhecesse as leis que governavam o movimento da matéria. O mundo então, seria uma máquina totalmente previsível, determinável, e material. Sendo somente átomos em movimento com leis descrevendo-os de forma adequada pela ciência, permitia ao cientista aplicar estas leis ao mundo.

Esta visão tornou importante a replicação. Dessa forma, se a observação fosse direta e não problemática, e se fosse descritível por leis simples, não haveria dificuldade em realizar um experimento que outra pessoa pudesse replicar. Sob este ponto de vista, leis e observações simples produzem replicações simples e diretas.

Na visão do século XVII, portanto, a realidade era descrita em termos de átomos em movimento dentro do espaço e do tempo absolutos. A esta visão denominou-se atomismo, que afirma ser cada átomo (ou unidade) separado e independente em si mesmo, sem nenhum relacionamento interno com outros átomos. A função das leis científicas é descrever como e sob quais circunstâncias os átomos se relacionam entre si, e conseqüentemente o procedimento fundamental na ciência é compreender os átomos como blocos de construção. A lei nesta

forma de ciência é "dividir e dominar". Entender as pequenas partes para compreender o todo. O que se quer dizer com isso é que todo conhecimento é obtido em torno do princípio do bloco básico, de forma a compreender qualquer coisa a partir dele. Está implícito nesse processo a noção de que o conhecimento pode ser reduzido às leis básicas que descrevem os inter-relacionamentos entre os blocos de construção. Este reducionismo é um convite a simplicidade, que descreve todas as ações no mundo.

Este tipo de visão ganhou grande impulso durante os séculos XIX e XX quando a sua aplicação obteve sucesso no desenvolvimento científico. O desenvolvimento industrial, baseado nestes princípios, aumentou de forma visível e induziu a sua utilização em outras áreas.

No início do século XX, F. W. Taylor propôs alguns princípios visando o aumento na eficiência nas empresas. Dividindo o processo produtivo em etapas (reducionismo) ele delineou uma metodologia para se obter um melhor fluxo de tarefas para a execução dos produtos. Estes princípios baseavam-se na observação de como os empregados realizavam o seu trabalho, que equipamentos utilizavam, o tempo gasto e os movimentos desnecessários que faziam. Ao final eram reunidos em uma série, dividida em etapas, e o melhor desempenho - com a exclusão dos movimentos desnecessários - era então implantado na produção. Ao mesmo tempo, os empregados eram treinados para realizar os procedimentos mais eficientes.

Este sistema visava o máximo de racionalização e controle da atividade produtiva. Baseava-se na decomposição, em etapas do processo, com a finalidade de obter maior conhecimento e controle sobre ele.

Henry Ford reinterpretou estes princípios e formulou o conceito de "linha de produção". Baseava-se em quatro conceitos principais: o homem certo no lugar certo; manutenção da satisfação do empregado; negociação coletiva e a padronização do produto (no caso o automóvel). Esta "simplificação" foi abordada por Charles Chaplin no filme "Tempos Modernos" no qual ele satirizava os movimentos repetitivos impostos aos trabalhadores.

Neste modelo de linha de montagem, cada setor funciona como um bloco ou tijolo de uma construção. Cada empregado faz uma coisa simples e repassa a seção seguinte que faz outra parte, até o produto final: o automóvel. Os movimentos repetitivos, em cada etapa, são a tônica do processo.

Este era o panorama proporcionado pela visão clássica da ciência, e foi sob esta influência que alguns teóricos propuseram suas concepções para o currículo.

3.2 A VISÃO CLÁSSICA E O CURRÍCULO

A visão clássica da ciência estava presente nos conceitos que BOBBIT (1918) descreveu. A sua concepção de currículo era semelhante ao proposto por Ford como uma linha de montagem, isto é, mesmo sendo a vida humana variada, ela consiste em atividades simples. Em vista disso bastava se fazer um currículo com passos simples e específicos a serem seguidos para se obter o resultado desejado.

Nesta mesma linha Ralph Tyler criou o seu modelo para o currículo e o ensino.

3.2.1 O Modelo de Ralph Tyler

Na década de 40/50 Tyler publicava o seu livro *Basic principles of curriculum and instruction* que trazia em sua introdução a forma de pensar oriunda da visão clássica da ciência que está baseada em uma análise racional. Tyler apresentou ainda quatro questões fundamentais que deveriam ser respondidas quando do desenvolvimento do currículo:

1. Que *objetivos* educacionais deve a escola procurar atingir?
2. Que experiências educacionais podem ser oferecidas que tenham probabilidade de *alcançar* esses *propósitos*?
3. Como *organizar eficientemente* essas experiências educacionais?
4. Como podemos ter certeza de que esses *objetivos* estão sendo alcançados? (TYLER, 1976, p. 1)

Como podemos notar, a ênfase está nas palavras "objetivos", "alcançar esses propósitos", "organizar eficientemente". Isto traduz uma visão determinista e extremamente prática de se abordar o currículo, pois caminha em direção a uma *maximização* e a uma *otimização* dos resultados tão comuns na indústria daquela época.

No sumário do livro nota-se também esta preocupação com a busca da resposta única e correta que, segundo a visão clássica, deve existir. Palavras como organizar e selecionar apontam de forma clara para esta preocupação.

Tyler descreve ainda como ele vê a educação:

A educação é um processo que consiste em modificar os padrões de comportamento das pessoas. Isto é usar a palavra comportamento num sentido lato que inclui pensamento e sentimento, além da ação manifesta. Quando a educação é considerada deste ponto de vista, torna-se claro que os objetivos educacionais representam os tipos de mudança de comportamento que uma instituição educacional se esforça por suscitar nos seus alunos. Um estudo dos próprios alunos procuraria identificar as mudanças necessárias nos padrões de comportamento dos estudantes que lhe competiria produzir (1976, p. 5).

Esta descrição feita por Tyler traz em seu bojo duas perspectivas bastante claras. A primeira diz respeito à necessidade de se modificar o comportamento dos alunos, o que parece bastante razoável não fosse a pergunta que ela suscita: Quem decide qual o comportamento adequado aos alunos?

A segunda perspectiva refere-se a identificação das mudanças necessárias para que o comportamento dos alunos seja modificado. Neste aspecto Tyler foi bastante liberal afirmando que a resposta a esta questão poderia ser encontrada entre os próprios alunos. Esta declaração, um tanto dúbia, pode ser interpretada pelos estudantes do currículo de forma simples. Eles podem entender que basta verificar como os alunos se comportam e assim saber como devem modificar o seu comportamento. Desta forma existiria apenas uma forma correta dos alunos se comportarem (sistema fechado).

Uma outra interpretação seria mais aberta (sistema aberto). Verificar o que cada aluno espera da escola e quais os seus anseios quanto a conteúdos que gostaria de estudar e, a partir daí, criar uma nova forma de ensino que contemplasse, na medida do possível, as aspirações de todos os alunos.

O modelo de Tyler, apesar de ter sido construído dentro da visão clássica da ciência e assim interpretado por seus leitores, não parece ter sido concebido de forma tão ortodoxa, como bem salientou José Alberto PEDRA (1997, p. 39-40): "Talvez, até mesmo contrariando um desejo expresso de Tyler, os estudantes do currículo não foram suficientemente instigados para elaborar suas próprias concepções e, em não sendo, o que ocorreu foi a transformação da base racional proposta por Tyler na única *base racional* que se poderia considerar ao estudar-se currículo".

Em seu modelo, confirmando esta perspectiva, Tyler diz que:

Os estudos sobre a transferência de treinamento indicavam, contudo, que o estudante tinha muito mais probabilidade de aplicar a sua aprendizagem quando reconhecia a semelhança entre as situações encontradas na vida e as situações em que ocorreu a aprendizagem quando estavam presentes duas condições: 1) as situações de vida e as situações de aprendizagem tinham uma semelhança evidente a muitos respeito, e 2) o estudante recebia prática em buscar ocasiões, em sua vida extra-escolar, para a aplicação das coisas aprendidas na escola. Esses achados são usados para reforçar o valor de uma análise da vida contemporânea com o fim de identificar objetivos de aprendizagem para a escola, os quais possam ser facilmente relacionados com as condições e oportunidades da vida contemporânea para o uso dessas espécies de aprendizagem (1976, p. 16).

O currículo baseado na visão clássica promoveu o método de decorar a resposta às perguntas, já que existe apenas uma resposta correta para cada questão. Uma vez descoberta a resposta a determinado problema, não é mais necessário se pensar sobre ela, basta apenas sabê-la.

O currículo portanto, é visto como um instrumento para se organizar as etapas que levam ao objetivo final. O professor se torna um mero aplicador de métodos que são impostos aos alunos. Ele é "treinado" para dar aulas e o faz à distância dos alunos, ele não interage com o processo. Os alunos não podem escolher que matérias que gostariam de estudar, eles já encontram uma grade horária obrigatória que muitas vezes os fazem "viajar" de uma sala a outra, a cada mudança de matéria. Tudo o que os alunos devem saber já se encontra delineado pela escola.

Joel MARTINS (1992) descreve muito bem esta situação: "Nesta perspectiva, a idéia que se veiculou de Currículo foi a de um instrumento, prático e funcional, que possibilitaria à escola desenvolver um trabalho em educação mais produtivo e econômico. Revestia-se, assim, esta concepção de Currículo de valor prático e de lucro a ser obtido" (p. 34). Assim, o currículo como sistema fechado, supõe um currículo *a priori*.

3.2.2 O professor e o aluno frente ao currículo como sistema fechado

O professor nesta visão do currículo, transforma-se em um executor de tarefas estabelecidas de antemão. Não existe a possibilidade de criação no processo de ensino uma vez que as necessidades e as prioridades já foram previstas e estão delineadas no currículo. Evidentemente as prioridades foram definidas com base na média, isto é, no que a maioria dos planejadores avalia como necessidades fundamentais à formação dos alunos. Aqui levando-se em conta o aspecto político-institucional do momento.

Ao professor, portanto, é dado um plano de ação com um objetivo geral (porém restritivo) e a sequência de passos a serem seguidos até alcançá-lo. Apesar disso, os professores mais criativos conseguem fazer algumas alterações na forma de executar as diretrizes do currículo, tornando-o mais digestivo para os alunos. No entanto, esta criatividade se resume a forma de ministrar a aula e não ao seu conteúdo.

O professor então é caracterizado como um executor de ordens, que as transmite aos alunos sem que haja a possibilidade de discussão. A sensação é de que o professor está numa

camisa de força, embora esta camisa possa ter cores e até estampas diferentes, apesar de fechada.

Para o aluno a situação não é muito diferente. Após passar por alguns anos de ensino comum a todos os estudantes, ele começa a ter algum tipo de escolha. Pode escolher que curso seguir na universidade, por exemplo. No entanto, para cada curso, já existe um currículo estabelecido. A opção é portanto, restrita. Uma vez escolhido o curso, há que se adaptar a ele, pois muitas vezes, algumas das matérias não são da sua preferência. Ao mesmo tempo, os alunos mais "espertos" se adaptam às regras do jogo. Uma vez descoberto o "estilo" do professor, não é incomum que o aluno faça trabalhos e provas, escrevendo o que o professor gostaria de ouvir de seus alunos. Nesse processo o aluno aprende a agradar o professor, e não a manter com ele um processo de troca e aquisição de conhecimento. Esta conduta decorre da aceitação da ciência da existência de uma verdade única e que, obviamente, pertence ao professor.

O professor e o aluno, portanto, estão presos a uma determinada linha de ação, determinista e fechada.

3.3 RETOMANDO A VISÃO CLÁSSICA DA CIÊNCIA

A visão clássica da ciência tentou provar a capacidade de descoberta e verificação em contrapartida a outras formas de conhecimento. Sem dúvida esta forma de pensar trouxe uma grande contribuição ao progresso do saber, como por exemplo, o controle da energia nuclear e a engenharia genética. No entanto este desenvolvimento científico trouxe também a má utilização destes mesmos avanços tecnológicos como a bomba atômica e a excessiva especialização na medicina.

Esta forma de abordar o mundo alijou do processo o observador em favor do observado. O homem, para a ciência, já não existe como fator relevante à experimentação. O método científico dissociou o sujeito do objeto, tornando a ciência estática e sem vida.

A crença no universo como uma máquina determinista que poderia ser conhecida e controlada predominou durante muito tempo. Na medida em que admite apenas uma resposta possível a cada pergunta, o mundo poderia ser controlado e organizado racionalmente bastando apenas observá-lo e representá-lo de forma correta. O ponto focal era a crença no progresso "linear", nas verdades absolutas e no planejamento racional por meio de condições padronizadas de conhecimento e de produção. O resultado foi o positivismo, o tecnocentrismo e o racionalismo. Claramente este modelo é extremamente racional e analítico, na medida em que tenta reduzir o todo à soma das partes, de uma forma linear. Em suma, é um modelo auto-afirmativo, que fomenta a expansão por meio da competição, na tentativa de obter uma maior quantidade de conhecimento e poder exercer o seu domínio sobre os outros.

Atualmente as ciências começam a se abrir a outras possibilidades, que possam fornecer formas diferentes de se "olhar" o mundo, como a aleatoriedade, a evolução no tempo dos sistemas dinâmicos e, principalmente, a auto-organização. Assim, uma mudança nos conceitos se faz necessária. De processos reversíveis deterministas para processos irreversíveis e indeterminados. Em resumo, uma visão aberta. É o que descreverei no capítulo seguinte.

4 O CURRÍCULO COMO SISTEMA ABERTO

Com as mudanças ocorridas basicamente a partir do século XX, a visão do mundo foi sendo gradativamente, alterada. As novas descobertas científicas, notadamente na área da física proporcionaram os subsídios para uma nova percepção do mundo. Particularmente o estudo dos sistemas abertos pode ser utilizado, como metáfora, para propiciar uma nova visão sobre o currículo.

4.1 A VISÃO PÓS-MODERNA DA CIÊNCIA

Embora o termo "pós-moderno" se firmasse após a metade dos anos 70 "quando afirmações sobre a existência desse fenômeno social e cultural tão heterogêneo começaram a ganhar força no interior e entre algumas disciplinas acadêmicas e áreas culturais, na filosofia, na arquitetura, nos estudos sobre o cinema e em assuntos literários" (CONNOR, 1996), ao longo do século XX uma nova visão do mundo foi sendo construída também na área da física.

Como escreveu Werner HEISENBERG (1987, p. 7-8): "As conseqüências a que a moderna física atômica deu lugar (...) alteraram em muitos lugares deste planeta a visão do mundo que o século XIX nos legou. Elas forçam uma mudança na maneira de pensar e, portanto, interessam a um círculo maior de pessoas".

A mudança a que Heisenberg se refere é a ocorrida com o advento da teoria da relatividade geral proposta por Einstein e o desenvolvimento da física quântica. A primeira se relaciona às grandes distâncias - ao infinitamente grande - enquanto a segunda ao espaço microscópico - ao infinitamente pequeno.

O átomo para os gregos seria a última partícula material divisível. Posteriormente, os cientistas descobriram que os átomos eram compostos de uma nuvem de elétrons que se forma em torno de um núcleo denso que é composto de prótons e nêutrons. Os elétrons são a forma

pela qual os átomos se unem uns aos outros para formar as diversas substâncias. Assim, a matéria é composta de combinações de elétrons, prótons e nêutrons. Esta matéria se combina com outras para formar estruturas cada vez mais complexas.

No estudo da física quântica descobriu-se que o próton e o nêutron não eram tão simples como o elétron. Através de colisões de alta energia, descobriu-se um número muito grande de novas partículas. O modelo de átomo simples, da física clássica, havia morrido.

Baseada na simplicidade, a física clássica colocava o experimentador apenas como um observador externo ao processo. Ele não influenciava o fenômeno observado. Assim, as leis da física Newtoniana aplicavam-se a todo o Universo de forma homogênea.

Com o advento da teoria da relatividade geral o observador foi reintroduzido ao processo. Há portanto, a necessidade de se informar qual o referencial utilizado quando de uma determinada descrição de um evento observado.

Esta necessidade foi descrita por L. LANDAU e Y. RUMER (197-), com relação ao absoluto e ao relativo, da seguinte maneira:

Freqüentemente empregamos os verbos "subir" e "descer". Esses conceitos são absolutos ou relativos?

Em diferentes épocas foram dadas diferentes respostas a esta pergunta. Quando não se sabia que a Terra era redonda, e se imaginava que fosse plana, a direção vertical era considerada um conceito absoluto. Admitia-se que a direção vertical era a mesma em todos os pontos da superfície da Terra, e era natural falar em "sobe" e "desce" absoluto.

Quando se descobriu que a Terra era redonda, a noção de "vertical" desmoronou.

De fato, sendo a Terra redonda, a direção de uma linha vertical depende, essencialmente, da posição do ponto na superfície da Terra, pelo qual passa a linha.

Em pontos diferentes do globo, a direção vertical será diferente.

O absoluto se tornou relativo, desde que as noções de "para cima" e "para baixo" perderam seu sentido; a não ser que o ponto exato na superfície da Terra seja especificado. Não existe uma

direção vertical no Universo. Portanto, para qualquer direção no espaço, podemos especificar um ponto, na superfície da Terra, em relação ao qual essa direção será vertical. (P. 16-17)

Como podemos observar, paralelamente à descrição de um evento, é necessário que haja uma descrição correspondente do referencial utilizado. Naturalmente as motivações e expectativas do observador também devem ser levadas em conta.

Paralelamente, outras áreas da física também se desenvolveram muito no século XX como por exemplo, o estudo dos sistemas dinâmicos - aqueles que se modificam com o passar do tempo.

A crença em um mundo como sendo um simples quebra cabeças a ser resolvido, isto é uma máquina com leis precisas de funcionamento a ser desvendada está, lentamente, sendo abandonada. A suposição de que existem diferentes maneiras de se representar a natureza começa a tomar forma por meio da visão pós-moderna da ciência.

A abordagem pós-moderna da ciência envolve o paradoxo, a não-linearidade, a complexidade. Para os pós-modernistas os fenômenos são alterados quando estudados. O pesquisador pós-moderno se envolve e interpreta os fenômenos a ele submetidos. Ele participa criticamente na obtenção de informação. Os cientistas pós-modernos aceitam o valor da ciência, mas ao mesmo tempo, entendem que ela produz e reflete valores implícitos e explícitos, especialmente quando suas conclusões baseiam as explicações.

Com base nesta visão as atividades humanas mal podem ser medidas, quanto mais serem previstas e controladas. O cientista pós-moderno trabalha no sentido de identificar, descrever e entender estas atividades de maneira profunda. A "verdade" que ele tenta buscar se refere às perspectivas que são um sub-produto do "discurso". A linguagem utilizada pelo pesquisador para descrever o mundo opera como um filtro que intermedia o "lá fora" e o "aqui dentro". Trata-se de um processo interativo onde existe o diálogo constante entre aquele que observa e aquilo que é observado. Sendo assim, o pesquisador pós-moderno participa do discurso cultural resultando daí, novas interpretações.

A observação do cientista moderno é muito mais complexa do que a visão simplista da física Newtoniana. Esta visão complexa, no entanto, não significa que ela seja, mais difícil e complicada. Existem muitas formas de se definir a complexidade dentro da física, mas neste trabalho eu a relaciono ao tamanho da descrição, isto é, quanto mais extensa a descrição de um evento, tanto mais complexo ele será. Assim, a teoria do caos é utilizada como uma das bases do estudo da complexidade.

Neste contexto Edgar Morin tem desenvolvido um intenso trabalho de fundamentação da Complexidade, envolvendo aspectos como o paradoxo e a incerteza, na tentativa de recriar a visão do mundo. O estudo da Complexidade tem como um de seus fundamentos a teoria do caos.

4.1.1 A Complexidade

O estudo da complexidade pode ser notada em Edgar Morin desde a publicação do livro *O Paradigma Perdido* (1991), publicado originalmente em 1973. Neste livro ele já procurava uma "teoria aberta" da natureza.

A ciência é um campo onde coexistem várias teorias a respeito da visão do mundo, respeitando-se a importância dos dados e a utilização de critérios de coerência. São estes pressupostos que possibilitam a supremacia da ciência em relação a outras formas de conhecimento. O aspecto dinâmico da ciência só é possível pelas características de "pluralidade conflitual no seio de um jogo que obedece a regras empíricas lógicas" (MORIN, 1996, p. 25).

Assim, segundo MORIN (1996), faz-se necessário que a ciência se questione em relação a suas estruturas ideológicas e sua base sócio-cultural na tentativa de conhecer "como e em que condições culturais as idéias se agrupam, se encadeiam, se ajustam, constituem sistemas e se auto-regulam, se autodefendem, se automultiplicam, se autopropagam" (p. 26). É necessário um esforço no sentido de que a ciência seja capaz de se auto-interrogar.

A forma "clássica" de ver o mundo acreditava que os fenômenos complexos poderiam ser explicados por princípios simples através da separação e da redução, isolando os objetos entre si e o ambiente do observador. Consequentemente as disciplinas também são isoladas umas das outras. A redução acaba por unificar também o diverso e o múltiplo, atribuindo a "realidade" aos elementos e não ao todo, isto é, reduz-se a "verdade" a enunciados quantitativos.

No entanto, a busca, nas ciências físicas, do elemento e das leis simples do universo acabou por se deparar com uma complexidade antes ignorada e que agora exige uma nova forma de abordagem.

Em muitas áreas a ciência começa a se deparar com a aleatoriedade e o paradoxo. O que antes era descartado como uma variável "desprezível" começa a ser reavaliado como fator fundamental no processo de funcionamento de diversos sistemas. O observador, sendo uma destas variáveis, não pode mais ser alijado do processo de observação, isto é, ele não é neutro. Isto exige que "o sujeito se reintroduza de forma autocrítica e auto-reflexiva em seu conhecimento dos objetos" (MORIN, 1996, p. 30). Assim, o conhecimento deve propiciar a reflexão e a discussão por todas as pessoas, respeitando-se o saber de cada um, sua experiência, em suma, sua história de vida.

4.2 A VISÃO PÓS-MODERNA E O CURRÍCULO

Uma visão pós-moderna do currículo compreende uma abertura maior aos eventos envolvidos no processo de ensino. Eventos estes tradicionalmente deixados de lado como questões irrelevantes. Os objetivos predeterminados já não conseguem suprir as necessidades dos alunos e da sociedade em geral, dada a rapidez com que o mundo se modifica e a conscientização de que, cada vez mais, parece existir várias possibilidades de resposta às questões fundamentais da ciência. O sistema aberto aparece como uma possível resposta a este problema.

Basil BERNSTEIN (1988, p. 82-84), por exemplo, utiliza os termos aberto e fechado em relação aos conteúdos do currículo. Desta forma, se os conteúdos estão isolados uns dos outros, ele os considera fechados. Em contrapartida, se existe pequeno isolamento entre os conteúdos, ele os considera abertos.

Como grupos gerais ele considera dois tipos de currículo. Quando os conteúdos têm entre si uma relação fechada, são chamados currículo do tipo coleção, e quando os conteúdos tem entre si uma relação aberta, são chamados currículo do tipo integrado. Assim temos: fechado=coleção, aberto=integrado.

Sendo os conceitos aberto e fechado, utilizados por Bernstein, apenas em relação aos conteúdos, observa-se já uma limitação em comparação ao sentido em que utilizo estes conceitos. Quando utilizo aberto e fechado, pretendo fazê-lo de uma forma mais abrangente. Todo o processo do ensino está implícito e, portanto, a perspectiva é muito mais ampla. Abrange por exemplo, a relações professor/aluno/conteúdo/meio social.

Neste aspecto alguns estudiosos do currículo têm proporcionado interessantes abordagens (DOLL, 1993a, 1993b, 1989; MACPHERSON, 1995). No entanto, um dos primeiros pensadores que desenvolveu um tipo de educação que se aproxima desta visão foi John Dewey. Em seus ideais de um ensino democrático ele abordou aspectos que hoje podem ser reavaliados e aproveitados na tentativa de se construir uma nova visão curricular.

4.2.1 A educação progressiva de John Dewey

John Dewey acreditava na liberdade de escolha como base para um conduta de vida mais digna e humana. A ênfase dada a experiência e a democracia em seus textos demonstram esta intenção. A sua preocupação com a relação entre o ensino e a vida social pode ser observada quando ele escreve que:

... não somente a vida social exige o ensino e o aprendizado para sua própria continuação, como também por si mesma é ela educativa. Amplia e ilumina a experiência; estimula e enriquece a

imaginação; gera o sentimento da responsabilidade, obrigando-nos a falar e a pensar com cuidado e exatidão. Um homem que realmente vivesse só (mental ou fisicamente) poucas ou nenhuma ocasião teria para refletir sobre sua experiência passada ou para extrair-lhe a clara significação. A desigualdade de eficiência dos adultos e dos novos não só exige que se ensine a estes, como também a necessidade deste ensino ser um poderoso estímulo para dar à experiência ordem e forma que a torne mais facilmente transmissível e, conseqüentemente, mais utilizável (1979, p. 6).

O ponto focal do trabalho de Dewey, que se encaixa perfeitamente na metáfora do sistema aberto que discuto aqui, pode ser encontrado já no primeiro capítulo de seu livro *Democracia e Educação*: "A mais notável distinção entre os seres vivos e inanimados é que os primeiros se conservam pela renovação" (1979, p. 1).

Efetivamente um ser inanimado, tal como uma rocha, não possui a capacidade de se adaptar ao meio - a modificação é simplesmente imposta a ele - enquanto um ser vivo pode ao menos tentar se adaptar às condições a ele impostas no intuito de diminuir o impacto dessas mudanças sobre si.

O indivíduo faz a sua adaptação em termos materiais (sensações de frio ou calor e agressões, por exemplo) utilizando o pensamento na tentativa de encontrar uma nova situação onde ele possa se manter confortável. Da mesma forma, quando um aluno se depara com um novo conhecimento ele tenta adaptar-se utilizando os conhecimentos anteriores, isto é, ele pensa. Neste aspecto Dewey escreve:

Por isso, se tivermos em vista despertar a inteligência e o pensamento e, não, meras aquisições de palavras, a primeira apresentação de qualquer matéria na escola deve ser o menos acadêmica ou escolástica possível. Para compreender o que significa uma experiência ou uma situação empírica, o espírito precisa evocar a espécie de situação que se apresenta naturalmente fora da escola - as espécies de ocupações que na vida comum provocam o interesse, pondo em jogo a atividade (1979, p. 169).

Ele prossegue ainda afirmando que se fossem verificados os métodos que propiciam o melhor resultado em qualquer matéria, estes métodos seriam aqueles que suscitam nos alunos, em sua vida cotidiana, a reflexão. Neste caso, o melhor aproveitamento escolar estaria presente sempre que o aluno tivesse a possibilidade de confrontar o que foi aprendido com a realidade cotidiana.

Outro aspecto que deve ser considerado em educação é o fato de que, em geral, ao aluno é imposto um determinado tipo de educação. Neste sentido Dewey argumenta que:

Ninguém discutirá que uma criança de favela tem experiência diferente da de uma criança de um lar cultivado de classe média, que o menino do campo tem experiência diversa da do menino da cidade (...) Geralmente tudo isso é demasiado óbvio para merecer registro. Mas, quando se reconhece sua importância em educação, temos o segundo modo em que o educador pode dirigir a experiência do jovem, sem exercer imposição (DEWEY, 1971, p. 31-32).

Por isso uma das responsabilidades básicas do professor é observar "que as condições do meio" também podem modelar a experiência do aluno e também observar quais circunstâncias podem levar ao crescimento do aluno.

Como observou PEDRA (1993):

Ademais, está claro que o conhecimento estabelecido naquele nível de negociação - o jurídico - embora esteja destinado a toda população escolar, de fato a todos não atinge. Deve ter-se em conta que, seja qual for a opção curricular que em cada caso se adote, os componentes culturais convertidos em conteúdos do currículo oferecem desiguais oportunidades de conexão entre a experiência escolar e a extra-escolar nos alunos procedentes de diferentes meios sociais (p. 35).

Assim, o meio social, como realidade imediata do aluno, não é contemplada na proposta curricular, o que acarreta um alheamento entre o ensino e a aprendizagem.

Como vimos anteriormente a educação tradicional simplesmente considera este fator como irrelevante. Os professores, em geral, não se interessam pela história de vida de seus alunos. Como Joel MARTINS (1992) afirmou:

Ver o Currículo como construção cultural implica ver a escola como um lugar especial, espaço que tem existência e um ser próprio e que não está aí apenas presente. Consiste em nos vermos como homens, existindo frente a outros, que têm um pensar e uma história própria; consiste, ainda, em nos compreendermos existindo naquilo que fazemos na escola enquanto partes da obra educacional. Pela expressão *estar na escola* colocamo-nos frente a duas possibilidades: *aí estar simplesmente presentes* ou existir na presença, fazendo parte da obra educacional (p. 76).

Assim, o currículo deve ser visto como algo que é construído ao longo do caminho, isto é, um currículo *a posteriori*.

4.2.2 A abordagem de Eric D. MacPherson

Eric D. MACPHERSON (1995, 1997) aborda a questão do caos no currículo descrevendo a impossibilidade de se olhar o mundo como um local onde as pequenas causas podem ocasionar grandes mudanças, e não o contrário, como pretendia Laplace. O universo, em um sentido restrito, é caótico. Ele salientou que, embora tenha sido feito um grande número de pesquisas sobre a educação, não houve um volume, ao menos proporcional, de conclusões sobre a eficiência educacional e mesmo sobre algum método de ensino que pudesse adequar o professor ao ensino.

MacPherson salienta que os "sistemas caóticos", "atratores" e "fractais"⁴ devem ser tomados como metáforas e analisa algumas das conseqüências de se tomar a educação como um sistema caótico. Ao mesmo tempo em que a educação em larga escala parece não ser previsível, em escala menor, parece fornecer uma possibilidade. Por exemplo, em uma política nacional de educação, muitas das minúcias do planejamento educacional são perdidas ao longo

⁴ Os sistemas caóticos, como foi visto anteriormente, são aqueles que têm um comportamento imprevisível e aparentemente aleatório; atratores são formas gráficas de se descrever o comportamento a longo prazo de um sistema dissipativo, no espaço de fases; e os fractais são conjuntos de pontos cuja dimensão não é um número inteiro, daí o nome fractal (derivado de dimensão fracionária). Maiores detalhes sobre estes termos serão fornecidos no capítulo 5 - Currículo e Caos.

do caminho, enquanto no âmbito municipal as diretrizes traçadas para aquela comunidade específica têm maior possibilidade de sucesso. Isso tomando-se uma política de educação fechada. Em uma política de educação aberta, as possibilidades de adequação de alunos e professores à sua realidade, são maiores.

Em geral, as diferenças existentes entre o que foi proposto e o que foi feito, é creditado a um planejamento mal feito. No entanto, em um sistema aberto isto é exatamente o esperado, pois um planejamento "fechado" aplicado a um sistema aberto está fadado ao fracasso.

Pensar o planejamento do ensino como um fenômeno fractal pode ser a resposta a este dilema, segundo MacPherson. Não é suficiente "ensinar" os professores a fazer uma espécie de "show" para seus alunos de modo a motivá-los. Cada professor é um indivíduo com características próprias e cada turma também tem as suas próprias características. A ênfase deveria estar em auxiliar o professor na criação e adaptação constante de novas formas de conduzir o ensino.

Abordando os atratores, MACPHERSON (1995) identifica 10 deles entre os quais o atrator Platônico, científico e o currículo técnico. Para catalogar os atratores ele utilizou basicamente, as quatro questões fundamentais de TYLER (1976) acrescentando a estas mais duas em relação aos conteúdos: como deve ser distribuído, e como eles devem ser selecionados e preparados; e quais são os mecanismos que devem ser obedecidos para que isto ocorra.

Um atrator funciona como um ponto onde as pessoas que trabalham com o ensino tendem a gravitar. Cada atrator acaba por se tornar um mito dentro da educação. Os atratores vão se sucedendo, de acordo com o aparecimento de novas formas de se ver o ensino e do número de seus defensores.

Comparando a emergência destes atratores a um sistema onde existiria uma caixa preta, MacPherson traça a dinâmica do aparecimento e desaparecimento dos atratores. Dentro da caixa preta estariam os atratores questionados e esgotados. Ao mesmo tempo poderia

funcionar como um gerador de novos ou rejuvenescidos atratores. Do lado de fora estariam os atratores que caminham para o esgotamento, um atrator rejuvenescido ou ainda um novo atrator. Este sistema seria dinâmico e se alteraria constantemente.

MacPherson avalia ainda três atratores que aparentemente começam a surgir da caixa preta: (1) O primeiro é o atrator "Faça você mesmo" que valoriza a construção da realidade através da experiência do próprio aluno; (2) O segundo, ele chamou de "Via fenomenológica", onde não existiriam metas específicas a serem alcançadas e sim, uma construção do caminho na medida em que ele é percorrido; (3) O terceiro é o "Atrator de Platão". Baseia-se na separação, isto é, treinar a criança, de acordo com seus talentos, para que ela seja feliz e produtiva, fazendo aquilo a que está mais apta.

Posteriormente (MACPHERSON, 1997), respondendo a um artigo de William J. HUNTER e Garth D. BENSON (1997), reafirmou a sua convicção na falha do determinismo Laplaciano em relação às ciências sociais, sugerindo como alternativa metafórica, a teoria do caos.

4.2.3 A abordagem de William E. Doll Jr.

DOLL (1989, 1993) tem enfatizado a necessidade de uma revisão no conceito de currículo, utilizando a metáfora dos sistemas aberto e fechado. Em seu livro *Currículo: uma perspectiva pós-moderna* (1997) ele argumenta em favor da aplicação de uma visão aberta em relação ao currículo.

Inicialmente ele aborda a questão da mudança de paradigma do modernismo para o pós-modernismo. Em relação à mudança de paradigma ele diz que: "Na verdade, o que acontece é que surge um senso de ordem inteiramente novo: não a ordem simétrica, simples e seqüencial que a ciência clássica tomou emprestada do pensamento medieval, mas uma ordem assimétrica, caótica e fractal, que estamos começando a descobrir nas Ciências pós-modernas" (1997, p.19).

O paradigma moderno, baseado em uma visão fechada, cujos principais personagens foram Descartes e Newton, tem a sua utilização no currículo científico e nos princípios lógicos (racionais) de Tyler. Neste tipo de visão, o conhecimento é visto como algo a ser descoberto e não como algo a ser criado.

O paradigma pós-moderno, baseado em Piaget, Prigogine (caos), é exemplificado na revolução cognitiva, Bruner, Dewey, Whitehead e o pensamento de processo. Dewey por exemplo, acreditava que a experiência dos alunos é que formavam o resultado final da educação, enquanto Tyler acreditava no contrário e assim a aprendizagem era algo já previsto, direcionado e rigidamente controlado.

No pós-modernismo, o que se busca é a modificação dos conceitos. O ensino não é algo que causa o aprendizado e sim, algo que o auxilia. Neste caso, a função do professor é alterada, ele atua como intermediário, auxiliando no processo reflexivo do aluno e dele próprio.

Em oposição aos princípios de Tyler, Doll oferece os Quatro Rs: riqueza, recursão, relações e rigor. Ele os utiliza como critérios para um currículo pós-moderno.

A riqueza se relaciona à multiplicidade de significados. O currículo precisa ter algumas características como por exemplo, o desequilíbrio e a incerteza, para propiciar ao aluno/professor novas formas de vivenciar e desenvolver o conhecimento, através das várias interpretações possíveis.

A recursão refere-se à possibilidade de se utilizar uma mesma fórmula (semelhante à iteração matemática), sendo que o resultado do cálculo anterior serve como ponto de partida para o próximo cálculo. Neste caso não há um início e um fim predeterminado e o diálogo é peça fundamental no processo. Outras pessoas devem observar e discutir aquilo que foi feito para que novas possibilidades possam surgir.

As relações tem sua importância de duas formas: pedagógica e cultural. Mais do que simplesmente definir que tipo de relação deve-se buscar no currículo, é importante verificar em que condições elas ocorrem. As relações pedagógicas refletem, na pós-modernidade, a necessidade de um diálogo aberto, pois elas estão sempre se modificando ao longo do tempo. Desta forma, "a estrutura curricular operando no início do curso é inevitavelmente diferente da estrutura curricular operando ao final do curso" (DOLL, 1997, p.196). As relações culturais se referem à narração e ao diálogo como caminhos para a interpretação. Este processo assimila a cultura local que leva à interconexões mais amplas. Portanto, as relações pedagógicas e culturais estão em estreita conexão e o processo interativo entre elas leva ao aprendizado.

O rigor é considerado por DOLL (1997) o mais importante dos quatro Rs, pois ele "Evita que um currículo transformativo caia ou num 'relativismo extravagante' ou num solipsismo sentimental" (p. 198). Assim, para não recair nos problemas apresentados anteriormente com a educação, a transformação deve ser uma alternativa ao invés de uma simples variação do que deve ser substituído. Neste sentido "o rigor significa procurar intencionalmente diferentes alternativas, relações, conexões" (p. 199).

4.2.4 O professor e o aluno frente ao currículo como sistema aberto

O professor neste contexto (sistema aberto) é livre. Ele não é um mero executor de tarefas. Ele cria constantemente as tarefas, de acordo com as situações que se apresentam. A criatividade é a palavra chave. O currículo neste contexto, é composto por objetivos muito mais gerais (abertos). A intenção fundamental é conduzir o aluno ao conhecimento. Assim, o professor é livre para interagir com os alunos e criar as possibilidades para que isto ocorra. Ele pode direcionar a sua aula de acordo com as suas próprias motivações e a interação com as motivações dos alunos. Neste caso o currículo fornece linhas gerais de ação, mas estas são abertas e permitem ao professor adequá-las à suas características e às características dos alunos.

Em contrapartida o aluno também seria livre. Após ter concluído um estudo básico, poderia escolher quais assuntos são de seu interesse e quais não. Esta liberdade facilitaria ao

aluno e ao professor adequar o ensino aos fatos do cotidiano facilitando assim, a ligação entre o que está sendo ensinado e os fatos do cotidiano do aluno. Por meio desta interação constante entre os integrantes do processo de ensino, formas mais criativas de ensino poderiam surgir. O aproveitamento seria então muito superior, pois o aluno e o professor estariam extremamente motivados. Por outro lado, a criatividade por meio da interação entre aluno e professor permitiria visualizar um currículo que tornar-se-ia real à medida em que se desenvolve.

4.3 RETOMANDO A VISÃO PÓS-MODERNA DA CIÊNCIA

De acordo com Ilya PRIGOGINE (1991) uma das habilidades mais refinadas no Ocidente é o processo de dessecar, de reduzir os problemas a componentes simples. Ele diz que o conhecimento produzido pela ciência mecânica e reducionista nos levou a modelos e teorias que se tornaram pragmáticas. Segundo ele, a teoria de sistemas caóticos oferece uma nova abordagem de orientação ao processo, em contrapartida às abordagens de orientação ao objetivo, da visão clássica.

A análise de sistemas caóticos está se tornando um método importante de pesquisas nas ciências biológicas e do comportamento. A metodologia do caos transferiu a ênfase nas relações de causa e efeito para abordagens que enfatizam a importância de definição de padrões, formas, organização, e as qualidades adaptativas dos processos complexos. A análise de sistemas caóticos nos fornece uma maneira rica para descrevermos o mundo e seus fenômenos. Qualquer pesquisa científica é uma narrativa que pode fornecer informações úteis para o nosso entendimento do mundo. A análise de sistemas caóticos é uma maneira de fornecer novos valores para reconceitualizar o currículo.

Nesta visão do mundo é valorizada a intuição e a síntese, na medida em que isto leva a uma visão holística e não-linear. Aqui as principais características são a cooperação, a parceria e o conseqüente aumento da qualidade no ensino.

Dewey nos lembra que:

O homem gosta de pensar em termos de oposições extremadas, de pólos opostos. Costuma formular suas crenças em termos de "um ou outro", "isto ou aquilo", entre os quais não reconhece possibilidades intermediárias. Quando forçado a reconhecer que não se pode agir com base nessas posições extremas, inclina-se a sustentar que está certo em teoria mas na prática as circunstâncias compelem ao acordo (1976, p. 3).

Esta é a valorização do equilíbrio dinâmico e a rejeição das certezas absolutas. Assim, o currículo é construído ao longo de uma jornada em que a única coisa que se sabe com certeza é que ela nos levará ao conhecimento. Ele está aberto aos "incidentes de percurso".

5 CURRÍCULO E CAOS

Como já descrevi, segundo a física Newtoniana, conhecendo-se o estado de um sistema em um dado instante pode-se inferir o seu estado em qualquer outro instante, tanto no passado como no futuro - sistema linear (RUELLE, 1993). Esta forma determinista de pensar funcionou razoavelmente bem até o advento da física moderna, quando novas perspectivas se abriram com a relatividade e a física quântica (GARCIA, 1995b; HEISENBERG, 1987, POPPER, 1989).

A teoria da relatividade proposta por Einstein, mostrou que o que é visto depende de quem observa e de onde observa. A física quântica demonstrou que o átomo não era a menor partícula divisível, dentro deles existem muitas outras partes. Estas duas descobertas da física trouxeram à tona a necessidade de se recolocar o observador como participante do que é observado. Não é mais possível imaginar o observador fora do processo de observação.

Os antigos conceitos deterministas já não podem explicar o funcionamento de vários sistemas dinâmicos dissipativos - não-lineares - de forma satisfatória. É neste tipo de sistema que se fundamenta a teoria do caos que hoje constitui um dos principais ramos da física moderna.

Os sistemas dinâmicos na física são caracterizados como sendo aqueles em que as propriedades mudam com o passar do tempo. Eles podem ser divididos em dois tipos: os conservativos e os dissipativos. Nos conservativos a evolução do tempo é reversível enquanto nos dissipativos é irreversível. Isto significa que nos sistemas conservativos é possível fazer com que o sistema volte a um estado anterior, enquanto nos dissipativos não.

Os sistemas dinâmicos dissipativos podem ser ainda não-lineares, que são aqueles que produzem "surpresas", isto é, podem apresentar comportamentos qualitativos inesperados, ao contrário dos sistemas lineares que não produzem nenhum resultado inesperado. Em um

sistema não-linear os efeitos não são diretamente proporcionais às causa e portanto, não são passíveis de previsão a longo prazo. Como exemplo de ordem linear e não-linear temos o exemplo descrito por Jean-Claude BRINGUIER (1993) em uma entrevista com Jean Piaget:

J.-Cl. B. - O senhor tem um escritório original, como se vê poucos... Isto para não dizer que ele está em desordem...

(Ele ri.)

J. P. - Como você sabe, Bergson mostrou que não havia desordem! Mas duas espécies de ordem: a ordem geométrica e a ordem vital. A minha, claramente vital! Os dossiês dos quais eu tenho necessidade estão, por ordem de frequência, ao alcance de minha mão.

J.-Cl. B. - Da mesma maneira, para achar ali embaixo uma referência de há dez ou quinze anos...

J. P. - Os dossiês das camadas inferiores constituem um caso delicado. Mas quando é preciso procurar, procura-se. Isto toma menos tempo que pôr em ordem todos os dias (p. 09-10).

Neste caso a ordem geométrica de Bergson seria comparável a ordem linear na física enquanto a ordem vital seria a ordem não-linear. Assim, neste exemplo, a ordem vital é erroneamente comparada a desordem total.

É o sistema dinâmico dissipativo não-linear - que pode produzir tanto auto-organização como caos - que nos interessa aqui, pois ele se assemelha ao funcionamento de todos os seres vivos. No método clínico de Jean Piaget (DOLLE, 1995), por exemplo, observa-se exatamente este tipo de comportamento.

Jean PIAGET (1990) preocupou-se em buscar a gênese do conhecimento ou mais especificamente criar uma teoria que pudesse explicar a gênese do conhecimento. Para isto utilizou a mais antiga arma científica: a observação. Ele não aceitava a tese de que os membros de uma espécie simplesmente repetem o comportamento anterior desta mesma espécie. Ao mesmo tempo, avançava que as formas de conhecimento não são predeterminadas, transformando-se no decorrer da história da espécie.

As formas vivas estão em constante transformação e utilizam-se neste processo tanto determinantes internos quanto externos, que agem em interação constante e com a mesma intensidade. Esta interação é formada pela "assimilação" e pela "acomodação". A assimilação é a forma de receber os estímulos do meio e, portanto, é determinada pelo indivíduo; e a acomodação é a conformação à uma situação particular e, portanto, é determinada pelo objeto. Como consequência desse processo as formas vivas se adaptam ao meio em que vivem.

Pode-se dizer que o processo de assimilação/acomodação se realiza continuamente e que existe uma adaptação do indivíduo em relação aos estímulos (internos e externos) recebidos.

Desse processo dinâmico surge a idéia de "equilibração" (processo que regula a troca indivíduo x meio) segundo a qual o indivíduo interage com o meio, assimilando estímulos e acomodando-se a eles. Em cada etapa, a resultante da interação entre a assimilação e a acomodação, consiste em momentos de um equilíbrio móvel, regulado pelo processo da equilibração. Este processo é chamado na física de equilíbrio dinâmico, que está presente nos sistemas abertos.

Do resultado do processo de equilibração obtém-se o que Piaget chamou de adaptação ou organização do indivíduo em relação ao meio. A cada novo estímulo do meio os mecanismos de assimilação e acomodação atuam no sentido de propiciar ao indivíduo nova adaptação. Esse processo como vimos anteriormente (assimilação/acomodação/adaptação) se realiza de forma contínua. A cada novo estímulo a assimilação/acomodação atua adaptando o indivíduo, e para isso utiliza esquemas dentro de estruturas adequadas, entendendo-se aqui também a criação de novos esquemas e estruturas, uma vez que o sistema se retroalimenta.

Todo esse processo é dinâmico e reflete a tentativa do indivíduo de se adaptar ao meio ou, mais especificamente, ao estímulo do meio, visando a sobrevivência. Sendo assim, a equilibração é um processo endógeno e natural enquanto sistema aberto. Como regulador entre indivíduo e meio, a equilibração é a própria dinâmica da vida.

No método de Piaget, apesar de existir um objetivo com cada teste aplicado, este pode ser alterado no decorrer da experimentação, de acordo com as respostas dadas pelo indivíduo (PIAGET & INHELDER, 1995). Este comportamento caracteriza um sistema aberto, pois a cada resposta do indivíduo, o experimentador pode reorientar o curso da experimentação. Desta forma a experimentação é mais produtiva no sentido de que novas perspectivas podem surgir tornando o método muito mais eficaz e próximo da realidade. Ao mesmo tempo, em um sentido mais amplo, o estímulo do meio pode levar o indivíduo à soluções mais criativas, e com isso facilitar a sua evolução.

Os sistemas dinâmicos dissipativos não-lineares (aqueles cujas propriedades mudam com o passar do tempo e cuja evolução não é reversível, podendo apresentar tanto auto-organização quanto caos) pertencem, como vimos, aos sistemas abertos e, em alguns deles, ocorrem comportamentos que são hoje estudados pela teoria do caos.

Um dos conceitos, utilizados pela teoria do caos, foi proposto por Henri Poincaré e diz que uma pequena causa pode precipitar, ao longo do tempo, grandes efeitos. Antigamente as pequenas causas que não podiam ser observadas, e que determinavam um grande efeito, eram consideradas como devido ao acaso. Um exemplo deste comportamento hoje conhecido folcloricamente como "O Efeito Borboleta", foi descrito em um texto apresentado por Edward LORENZ (1996) em uma palestra com o título de "O Efeito Borboleta - Previsibilidade: o bater de asas de uma borboleta no Brasil desencadeia um tornado no Texas?" (p.219). A intenção de Lorenz neste texto era chamar a atenção para as pequenas causas, neste caso na previsão meteorológica.

Em relação ao ensino de maneira geral e ao currículo em particular, este conceito é familiar. Se pequenas causas podem precipitar grandes mudanças ao longo do tempo, então cada aluno é uma variável - com suas experiências, expectativas, interesses e objetivos. Cada um dos participantes do processo de ensino, basicamente aluno e professor, podem precipitar acontecimentos não previstos no currículo da instituição em que trabalham, ou estudam. Em geral, estas "pequenas causas" não são contempladas na proposta curricular.

Outro conceito, que complementa o anterior, foi proposto por Edward Lorenz. Trata-se da hipersensibilidade às condições iniciais. Não é suficiente que pequenas causas provoquem grandes mudanças. É preciso que o sistema seja sensível à estas alterações. Portanto, um sistema que seja sensível às pequenas mudanças nas condições iniciais pode, ao longo do tempo, ter alterado o seu resultado (determinista) inicial previsto.

Um terceiro conceito, a auto-similaridade, se refere às repetições de uma mesma estrutura que ocorrem em alguns sistemas dinâmicos, quando eles são colocados em um gráfico. É neste aspecto que se enquadram os fractais, a faceta mais conhecida da teoria do caos. Os fractais são representações gráficas de equações não-lineares e, em muitos deles, "várias partes adequadamente escolhidas, quando apropriadamente ampliadas, se tornarão cada uma delas, idênticas ao sistema como um todo. Isto implica, é claro, várias subpartes de cada parte, quando ampliadas, se tornam equivalentes àquela parte, e consequentemente ao sistema todo" (LORENZ, 1996, p. 205). A palavra "fractal" foi criada por Benoit Mandelbrot para designar o aspecto geométrico especial de algumas fórmulas não-lineares que estão presentes em todas as escalas. O exemplo mais simples e insuspeitado do caos é o caleidoscópio, onde é impossível prever a imagem resultante da combinação do jogo de espelhos e dos fragmentos de vidro colorido.

A auto-similaridade observada nos fractais, pode ser comparada a recursão proposta por DOLL (1997). Em um fractal as repetições de uma mesma estrutura formam uma figura maior onde, na maioria das vezes, não se percebe a cadeia repetitiva. Ao mesmo tempo, as repetições são o resultado da operação matemática chamada de iteração onde o resultado da equação anterior fornece os dados de entrada para a próxima operação.

O currículo que observa a característica recursiva do ensino não estabelece um começo e um fim predeterminado e sim, um diálogo entre aluno e professor na tentativa de refletir sobre o assunto, ao invés de simplesmente decorar as respostas sem compreendê-las. Assim, a cada repetição de um determinado tema, as reflexões são diferentes para cada turma e também para os diversos alunos e professores, embora com um fundo comum. Assim, a recursividade

não é uma cadeia linear de causa e efeito e sim, um processo onde uma causa produz um efeito que se torna causa, em retroalimentações sucessivas.

Outro conceito é o de atrator estranho. Este nome foi utilizado por David Ruelle para indicar "em um sistema dissipativo, o conjunto limite que não esteja contido em nenhum conjunto limite maior e do qual, nenhuma ordem emana" (LORENZ, 1996, p. 250) conforme exemplo na figura 1. Este atrator tem uma estrutura fractal, isto é, "um conjunto cuja dimensão não é um número inteiro" (LORENZ, 1996, p. 254). É importante lembrar que os fractais são figuras geométricas (BERGÉ; POMEAU; DUBOIS-GANCE, 1993) - estruturas espaciais - e que podem representar um fenômeno caótico embora nem todos o sejam (SCHUSTER, 1995).

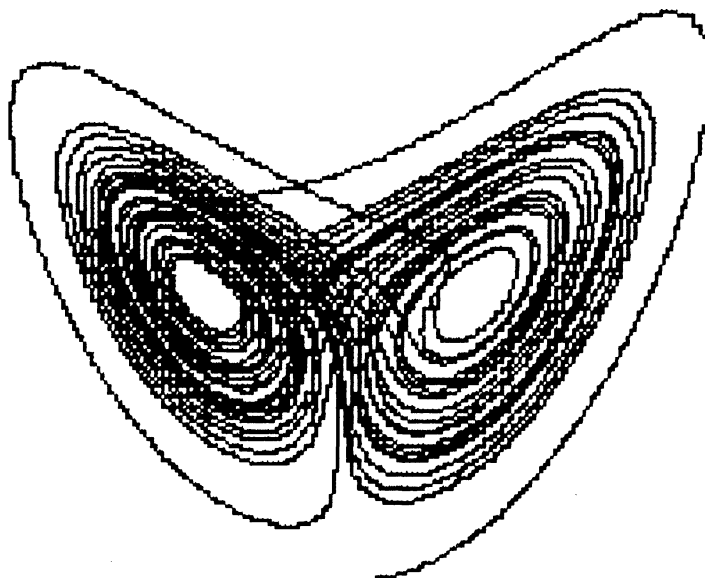


Figura 1: exemplo do Atrator de Lorenz

Eric D. MACPHERSON (1995), examinando os mitos que permearam a educação ao longo dos anos, identifica 8 deles atribuindo-lhes as características dos atratores, isto é, são formas de se pensar o currículo que atraem a atenção de educadores e teóricos para uma determinada maneira de agir.

Os atratores por ele citados são: (1) o atrator Platônico, que valoriza a capacidade intelectual e onde o "melhor" aluno é treinado para comandar e levar os restantes a seguir a corrente; (2) o atrator Republicano, onde a intenção é comprometer o indivíduo com a democracia e evitar a diversidade cultural e a controvérsia; (3) o atrator Científico, onde a escola deve incentivar o talento científico e o currículo deve ser planejado pelos "técnicos" e posteriormente entregue aos "operários" para a sua execução; (4) o atrator Faça Você Mesmo, que propicia ao aluno a possibilidade de construir a sua própria realidade através da sua própria experiência; (5) o atrator Currículo Técnico, com objetivos comportamentais pois, uma vez estabelecido o caminho, o aluno é conduzido até o objetivo final; (6) o atrator a Serviço de Deus, que enfatiza a formação em detrimento da informação; (7) o atrator Neomarxista, onde se busca conduzir as pessoas a livrarem-se de seus opressores e, em consequência, o currículo não é neutro, ele deve conduzir à liberdade; e (8) o atrator Reservatório, onde as escolas são apenas um artifício decorativo que somente se justifica como auxílio à sobrevivência a longo prazo.

Nestes exemplos, MacPherson demonstra a característica principal dos atratores: a capacidade de aglutinar pessoas (educadores, pais, alunos, etc) em torno de uma forma de vivenciar o currículo. São pontos de atração semelhantes às áreas brancas observadas na figura 1. Os atratores são, basicamente, representações dos sistemas dinâmicos dissipativos não-lineares.

Outra característica dos sistemas dinâmicos dissipativos não-lineares envolve a questão da auto-organização, que refere-se ao surgimento de uma organização estrutural.

Estas duas palavras - caos e auto-organização - aparentemente opostas e incompatíveis, mostram uma notável complementaridade quando aplicadas aos sistemas

dinâmicos dissipativos não-lineares. Quando eles são colocados longe do equilíbrio, advém o caos. No entanto, ao contrário do que se poderia esperar, o sistema é capaz de novamente se auto-organizar. Este processo ocorre de forma contínua e temos então o que se convencionou chamar de equilíbrio dinâmico, e que Prigogine chamou de eterno vir a ser. Assim, as mudanças na estrutura estão condicionadas a um conjunto de variações estruturais possíveis dentro de um sistema, isto é, as possibilidades e sobrevivência de um sistema dependem do conjunto de variações estruturais intrínsecas ao sistema. Paralelamente, o fluxo do sistema, em sua interação com o meio é o fator que realimenta este sistema e o seu conjunto de variações estruturais possíveis. A capacidade de auto-organização, portanto, é o resultado de uma sequência de desorganizações e reorganizações que aumentam a complexidade do sistema. Como Fritjof CAPRA (1997) resumiu: "... a auto-organização é a emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento em sistemas abertos, afastados do equilíbrio, caracterizados por laços de realimentação internos e descritos matematicamente por meio de equações não-lineares" (p. 80).

No estudo do currículo este comportamento deveria ser observado na medida em que, a cada novo conhecimento apresentado ao aluno, desencadeia-se um processo de desorganização - em relação ao conhecimento já presente no aluno - e reorganização - relativo ao processo pelo qual o aluno assimila o novo conhecimento. Naturalmente o aluno fará a sua reorganização dentro do arcabouço de conhecimento que já possui, resultando assim, uma forma de reorganização diferente para cada aluno.

Existe então a necessidade de uma mudança no método de ensino. O sistema dinâmico dissipativo não-linear como suscetível a influências externas pode ser comparado aos métodos de educação formais e informais. Os métodos formais, comportando-se como um sistema fechado, são dados *a priori*. Por outro lado os métodos informais são dados *a posteriori*. Encontrar um equilíbrio, evidentemente dinâmico, entre estas duas possibilidades é o que priorizaria um currículo baseado na teoria do caos. Um novo objetivo específico resultante da interação aluno/professor, seria criado a cada aula, preservando-se o objetivo básico geral: o ensino.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma questão muito importante tem me acompanhado neste caminho em busca da correlação entre o currículo e, em sentido metafórico, a teoria do caos. Devemos então abandonar a visão tradicional do currículo em favor da visão proposta pela teoria do caos? Não me parece que isto seja necessário. A física Newtoniana não perdeu o seu valor, apenas teve a sua aplicação colocada em um nível mais restrito. O que a física moderna, e particularmente a teoria do caos oferece é uma ampliação na visão tradicional. Com o advento da física quântica e da relatividade a compreensão de como o mundo funciona foi ampliada. Em nosso dia-a-dia a física Newtoniana continua a valer, mas é bom lembrar que sem a relatividade o homem não teria chegado até à Lua. Da mesma forma, a adoção da teoria do caos pela educação não exige uma rejeição total aos seus pressupostos atuais. Por exemplo: o planejamento aberto que possa ser continuamente refeito diante das necessidades que se apresentarem.

A ciência tradicional na sua perspectiva reducionista, resume as propriedades de um sistema, pelo conhecimento das características de cada uma das unidades que o compõem. Esta seria a forma de se chegar ao conhecimento científico, sem interferências subjetiva, superstições e preconceitos. Isto possibilita o domínio do homem sobre a natureza. O mundo Newtoniano/Cartesiano é um mundo manipulável e portanto, traz o poder a quem o domina. A técnica e a teoria se aliam na tentativa de modelar e compreender o mundo. Está implícito neste modelo o conceito de verdade absoluta que vê o mundo como um sistema acabado, cujos princípios aguardam apenas ser descobertos.

O currículo tal como os propostos por Bobbit e Tyler, baseia-se neste modo determinista de pensar, isto é, uma vez definido o objetivo, basta encadear os passos necessários para se chegar até ele. Esta visão predominou, e ainda predomina, nas propostas curriculares.

Tyler, por exemplo, condiciona o seu modelo a modificações de comportamento dos alunos para atingir os objetivos propostos pelo ensino que é a adequação à sociedade. No entanto como a sociedade é mutável, ela não pode fornecer parâmetros definitivos para a escolha por meio de um comportamento individual único. Quando se escolhem os conteúdos para o currículo, em geral se faz baseado na análise da vida cotidiana, no aluno e nos avanços científicos. O que não devemos esquecer é que estas condições são dinâmicas, ou seja, elas se modificam ao longo do tempo, enquanto o currículo permanece estático.

Assim, isto levou a uma valorização dos certificados de conclusão de cursos superiores que a pessoa possui, em detrimento do que realmente ela sabe. Os alunos estão mais interessados no número de faltas que possuem e nas notas que conseguem obter nas provas, do que em realmente apreender o conteúdo ensinado. Alunos com as mais diferentes motivações e expectativas encontram-se em uma mesma sala de aula, sem que isto seja levado em conta.

Outra consequência desta visão fechada é que as disciplinas se tornaram extremamente delimitadas e separadas, aparentando não existir nenhuma relação entre elas. As disciplinas são compartimentos isolados, onde a comunicação entre elas praticamente não existe. O aluno não percebe as correlações entre as diversas disciplinas e assim, não pode perceber também as interconexões existentes entre elas, perdendo a noção do todo.

Por isto, o conceito essencial que descrevi neste trabalho, para uma nova perspectiva do currículo é o de sistema aberto. O controle preconizado pela física Newtoniana, sabemos agora, não pode ser alcançado. As características das partes só conseguem ser entendidas frente ao todo. Assim a relação entre parte e todo se reverte, como salientou Edgar MORIN (1995, p.123). A ênfase está nos princípios de organização básicos. Comportando-se como um sistema não-linear, o ensino não pode ser previsível em suas menores nuances. O sistema aberto, sofrendo as influências do meio, se auto-organiza constantemente, proporcionando modificações significativas no objetivo inicial previsto. Como explicou Jean HOUSTON (1994, p. 17): "Precisamos procurar padrões de fluxo em vez de explicações lineares de causa e efeito".

Numa estrutura dissipativa, novas estruturas e formas de ordem podem emergir. Isto se deve ao que PRIGOGINE (1991) chamou de bifurcações, isto é, os momentos de um processo onde o sistema pode seguir por vários caminhos diferentes, sendo o resultado subsequente, indeterminado. O caminho que o sistema vai seguir depende da sua história e das variáveis externas, e não pode ser previsto.

Gostaria de rever agora o conceito de caos. O conceito de caos determinístico que utilizo neste trabalho é aquele em que, apesar de possuir um comportamento aleatório, é descrito através de leis muito precisas. Não se trata do "caos" como desordem generalizada onde não existe possibilidade de descrição. Também não se trata de ausência de ordem e sim, aumento de complexidade.

Faço esta observação porque em meu caminho para desenvolver esta dissertação a confusão entre estas duas descrições causaram, não raras vezes, um sentimento de rejeição imediata às minhas descrições. A palavra caos, portanto, refere-se ao comportamento imprevisível, enquanto o determinístico refere-se as regras precisas de funcionamento.

Esta perspectiva advinda da teoria do caos pressupõe uma mudança de paradigma. Isto significa a mudança do paradigma determinístico - linear que tem caracterizado o pensamento do currículo - para um novo paradigma, pois o processo educativo é um sistema dinâmico não-linear.

Um exemplo da aplicação prática desta nova forma de "olhar" o mundo pode ser encontrada na descrição que Murray GELL-MANN (1996) faz do processo de construção de um de seus livros:

A parte mais excitante na feitura deste livro é ser constantemente lembrado de que o próprio projeto é um sistema adaptativo complexo. Em cada estágio da composição tenho um modelo mental (ou esquema) do livro, um sumário conciso do que será. O sumário necessita ganhar corpo com um vasto número de detalhes para que possa originar um capítulo ou uma parte. Então, depois que meu editor de texto, meus amigos e colegas, Márcia e eu tivemos a chance de examinar um capítulo, as críticas e comentários resultantes sobre o texto afetam não apenas o

texto daquele capítulo, mas o próprio modelo mental, permitindo que muitas vezes um modelo alternativo seja adotado. Quando o novo modelo mental é provido de detalhes para que possa produzir mais texto, o mesmo processo é repetido. Desta maneira a concepção do trabalho todo permanece em evolução (p.17)

Assim, é necessário contemplar o currículo com objetivos mais gerais e abertos às experiências ocorridas no decorrer de sua aplicação. As características "locais" teriam o seu lugar como pequenas causas que influenciariam de forma positiva na construção do currículo, e que tomaria corpo no decorrer de sua aplicação e não como objetivos previamente fixados.

Neste aspecto Joel MARTINS (1992) diz que:

Não se poderia falar aqui em Currículo como um instrumento preestabelecido em decorrência de objetivos, métodos, conteúdos, avaliações etc. Currículo é a própria vida do indivíduo numa situação de mundo - o mundo da educação, lugar onde estão localizadas a escola, a comunidade, a natureza, concepção de consciência de... e da atribuição de significados por essa consciência. Constitui-se na produção de conhecimento a partir do experienciado, isto é, do mundo vivido pelo sujeito, considerado como um ser transformador (p. 88).

Em geral não é observado que a ciência está relacionada à cultura em geral, ao mesmo tempo em que as descobertas científicas são destituídas de significado fora do contexto cultural. Assim, se a ciência não observa que os seus conceitos devem ser expressos em palavras que a comunidade possa entender e discutir, ela não cumprirá os seus fins.

Um currículo como sistema aberto teria como características fundamentais a incerteza e a valorização da qualidade em detrimento da certeza e da quantidade. Estas características não são encontradas na forma de se abordar o currículo atualmente.

A incerteza de que falo aqui não é aquela relacionada ao caos comum. Trata-se da incerteza do caos determinístico. Pode ser comparada a aventura de se iniciar uma caminhada pelo bairro, por exemplo, conhecendo o caminho, mas sem saber o que vai acontecer exatamente durante o trajeto, que pode inclusive ser modificado.

A qualidade está em oposição à quantidade que predomina no sistema atual. Qual aluno não ouviu um professor dizer: _ Vamos ter que correr com a matéria, pois estamos atrasados. De nada adianta o professor cumprir todo o programa da disciplina e os alunos decorarem as respostas.

Em uma visão pós-moderna a qualidade é o ponto focal. O que se deve fazer é auxiliar o aluno na sua busca pelo conhecimento. Se ele consegue sair da escola com mais conhecimento do que entrou, e apto a buscar por si mesmo mais conhecimento, e que esta busca faz parte do processo de vida, a função da escola terá sido cumprida, independentemente de quanto do programa foi visto.

Esta aparente autonomia não deve ser confundida com a liberdade total. Esta autonomia é dependente da auto-organização. Este aparente paradoxo se desvela na medida em que a auto-organização para ocorrer, necessita dos fluxos externos, num processo contínuo de ordem - caos - auto-organização - ordem - caos, e assim por diante. É o equilíbrio dinâmico que por ser um processo contínuo, não permite uma síntese definitiva.

A relação aluno/professor reflete este processo, pois ambos extraem informação do mundo exterior para organizar o seu comportamento. O professor, portanto, não é o detentor único do saber. Ele ensina e aprende juntamente com os alunos e o mundo que o cerca, por meio dos fluxos contínuos de informação. É função do processo alimentar este fluxo, provocando no aluno a desorganização (introdução de um novo conhecimento) para que ele se auto-organize (assimile o novo conhecimento e se transforme).

Assim, o processo educacional deveria encorajar uma relação mais dinâmica entre o aluno e o professor que, por meio de experiências comuns, reconstruíssem o conhecimento.

A utilização dos princípios da teoria do caos na educação pode ser comparada a uma viagem turística. Quando compramos um pacote turístico, compramos um "sistema fechado". Orientados por um guia, seguimos um roteiro predeterminado que nos leva a conhecer os

principais pontos turísticos de uma cidade. Nos são dadas explicações detalhadas sobre eles e, sobretudo, cumprimos rigidamente o horário programado. Embora, em geral, exista pelo menos um dia ou horário específico em que podemos andar pela cidade livremente, isto não é o suficiente para que possamos explorar mais profundamente a cidade.

Em contrapartida, as pessoas que se aventuram a fazer uma viagem turística, sem o auxílio de uma companhia de viagem, alegam ser esta a melhor opção para quem deseja realmente conhecer uma cidade ou país. Neste caso, eles são livres para explorar todos os detalhes que possam interessá-los. Podem ainda, modificar os seu planos tais como, lugares a visitar e horários. Com isso, eles têm a oportunidade de vivenciar com mais intensidade as experiências e aprofundá-las.

Os princípios da teoria do caos sugerem, portanto, uma visão mais aberta para o currículo. Uma visão que possa deixá-lo mais flexível e passível de modificações frente às necessidades de cada escola. Um currículo que contemple também a qualidade do ensino e possa se adequar aos fatos cotidianos. Um currículo que permita aos alunos e aos professores compartilharem experiências e refazerem continuamente o conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 BERGÉ, Pierre; POMEAU, Yves; DUBOIS-GANCE, Monique. **Dos ritmos ao caos**. São Paulo : UNESP, 1993.
- 02 BERNSTEIN, Basil. **Clases, codigos y control: II**. Hacia una teoria de las transmisiones educativas. Madrid : Ediciones Akal, 1988.
- 03 BOBBITT, John Franklin. **The curriculum**. Boston : Houghton Mifflin, 1918.
- 04 BRADLEY, Marion Zimmer. **A Filha da Noite**. Rio de Janeiro: Imago. 1987.
- 05 BRINGUIER, Jean-Claude. **Conversando com Jean Piaget**. 2. ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1993.
- 06 CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo : Cultrix, 1997.
- 07 CONNOR, Steven. **Cultura pós-moderna**: introdução às teorias do contemporâneo. 3. ed. São Paulo : Loyola, 1996.
- 08 DEWEY, John. **Experiência e educação**. São Paulo: Nacional, 1971.
- 09 _____. **Vida e educação**. São Paulo: Melhoramentos, 1978.
- 10 _____. **Democracia e educação**. 4. ed. São Paulo : Nacional, 1979.
- 11 DOLL Jr, William E. Foundation for a post-modern curriculum. **Journal of Curriculum Studies**, London, vol. 21, n. 3, p. 243 - 253. 1989.
- 12 _____. Curriculum possibilities in a “post”-future. **Journal of Curriculum and Supervision**. Alexandria, vol. 8, n. 4, p. 277 - 292. 1993.
- 13 _____. **Currículo**: uma perspectiva pós-moderna. Porto Alegre : Artes Médicas, 1997.
- 14 DOLLE, Jean-Marie. **Para compreender Piaget**. Rio de Janeiro : Guanabara : Koogan, 1995.
- 15 GARCIA, Joe. **Metáforas quânticas para interpretar o currículo: um desdobramento hermenêutico**. Curitiba, 1995a. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Pós-Graduação, Universidade Federal do Paraná.

- 16 _____. **Repensando o currículo através de conceitos quânticos.** Comunicação apresentada na 17ª Reunião Anual da ANPED, Caxambú, 1995b.
- 17 GELL-MANN, Murray. **O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo.** Rio de Janeiro : Rocco, 1996.
- 18 GLEICK, James. **Caos: a criação de uma nova ciência.** 2. ed. Rio de Janeiro : Campus, 1990.
- 19 HEISENBERG, Werner. **Física e filosofia.** 2. ed. Brasília : Editora Universidade de Brasília, 1987.
- 20 HOUSTON, Jean. Preâmbulo. In: ABRAHAM, Ralph; MCKENNA, Terence; SHELDRAKE, Rupert. **Caos, criatividade e o retorno do sagrado.** São Paulo : Pensamento, 1994.
- 21 HUNTER, William J.; BENSON, Garth D. Arrows of time: a misapplication of chaos theory to education. **Journal of Curriculum Studies.** London, vol. 29, n. 1, p. 87-100. 1997.
- 22 KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** 3. ed. São Paulo : Perspectiva, 1995.
- 23 LANDAU, L.; RUMER, Y. **O que é a teoria da relatividade.** São Paulo : Hemus, 197-.
- 24 LIMA, Adriana de Oliveira. **Avaliação escolar: julgamento ou construção?.** Petrópolis : Vozes. 1994.
- 25 LEWIN, Roger. **Complexidade: a vida no limite do caos.** Rio de Janeiro : Rocco, 1994.
- 26 LORENZ, Edward N. **A essência do caos.** Brasília : Editora Universidade de Brasília, 1996.
- 27 MACPHERSON, Eric D. Chaos in the curriculum. **Journal of Curriculum Studies,** London, vol. 27, n. 3, p. 263 - 279. 1995.
- 28 _____. Chaos in the curriculum: a rejoinder to Hunter and Benson. **Journal of Curriculum Studies,** London, vol. 29, n. 1, p. 101 - 103, 1997.
- 29 MARTINS, Joel. **Um enfoque fenomenológico para o currículo: educação como poíesis.** São Paulo : Cortez, 1992.
- 30 MORIN, Edgar. **Ciência com consciência.** Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1996.
- 31 _____. **Introdução ao pensamento complexo.** 2. ed. Lisboa : Instituto Piaget, 1995.
- 32 _____. **O método II: a vida da vida.** 2. ed. Lisboa : Europa-América, 1989.
- 33 _____. **O Paradigma perdido: a natureza humana.** Lisboa : Europa-América, 1991.

- 34 PEDRA, José Alberto. Currículo e conhecimento: níveis de seleção do conteúdo. **Em Aberto**, Brasília, ano 12, n. 58, p. 30 - 37, abr./jun. 1993.
- 35 _____. **Currículo, conhecimento e suas representações**. Campinas: Papirus, 1997.
- 36 PEREZ, Martiniano Roman; LOPEZ, Eloisa Diez. **Curriculum y aprendizaje: un modelo de diseño curricular de aula en el marco de la Reforma**. Pamplona : Itaka, 1989.
- 37 PIAGET, Jean. **Epistemologia genética**. São Paulo : Martins Fontes, 1990.
- 38 PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. **A psicologia da criança**. 14. ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1995
- 39 POPPER, Karl R. **A teoria dos quanta e o cisma na física**. Lisboa : Dom Quixote, 1989.
- 40 PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. **A nova aliança**. Brasília : Editora Universidade de Brasília, 1991.
- 41 RUELLE, David. **Acaso e caos**. 2. ed. São Paulo : UNESP, 1993.
- 42 SCHUSTER, Heinz Georg. **Deterministic chaos: an introduction**. Weinheim : VCH, 1995.
- 43 SCHWAB, Joseph. **Science, Curriculum, and Liberal Education: Selected Essays**. Chicago : University of Chicago Press. 1978.
- 44 TYLER, Ralph. **Princípios básicos de currículo e ensino**. 10. ed. Porto Alegre: Globo, 1976.